

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000445

International filing date: 24 February 2005 (24.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 0402063  
Filing date: 27 February 2004 (27.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 09 May 2005 (09.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 MARS 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • W / 210502

REMISE DES PIÈCES  
DATE **27 FEV 2004**  
LIEU **75 INPI PARIS B**  
N° D'ENREGISTREMENT **0402063**  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI  
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE **27 FEV. 2004**  
PAR L'INPI

Réservé à l'INPI

☒ NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

PONTET ALLANO & Associés Selarl

25 rue Jean Rostand  
Parc Club Orsay Université

91893 ORSAY Cedex

Vos références pour ce dossier

(facultatif) IFBF04 CNR FIA

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

☒ NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

*Demande de brevet initiale*

N°

Date

*ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

☒ TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

« Composants supraconducteurs en couches minces à inductance accordable, procédé de réalisation et dispositifs incluant de tels composants »

☒ DÉCLARATION DE PRIORITÉ  
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE  
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE  
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

☒ DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale

☐ Personne physique

Nom  
ou dénomination sociale

Centre National de la Recherche Scientifique

Prénoms

Forme juridique

Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile

Rue

3 rue Michel Ange

ou  
siège

Code postal et ville

75 017 PARIS CEDEX 16

Pays

FRANCE

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☐ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>27 FEV 2004</b> LIEU <b>75 INPI PARIS B</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0402063</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 210502
<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom Prénom Cabinet ou Société N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel Adresse Rue Code postal et ville Pays N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		PONTET ALLANO & Associés Selarl     25 rue Jean Rostand Parc Club Orsay Université 91 181 913 ORSAY FRANCE 01 69 33 21 21 01 69 41 95 88	
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b> Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences   <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Sylvain ALLANO CPI 96 03 03		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  IFBF04 CNR FIA	

« Composants supraconducteurs en couches minces à inductance accordable, procédé de réalisation et dispositifs incluant de tels composants »

5

La présente invention concerne un composant inductif supraconducteur en couches minces, en particulier présentant des caractéristiques d'inductance accordables ou ajustables. Elle vise également un procédé pour réaliser de  
10 tels composants, ainsi que des dispositifs incluant de tels composants.

Cette invention s'inscrit dans le domaine des composants électriques et électroniques supraconducteurs  
15 pour les secteurs de l'électrotechnique ou de l'électronique, de la téléphonie, des antennes et des composants passifs à haute fréquence, en particulier pour l'imagerie médicale ainsi que les radars et l'électronique de défense.

20 La réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces est généralement effectuée par dépôt d'un film supraconducteur, généralement par des méthodes de vide telles que la pulvérisation cathodique ou l'ablation laser pulsée, puis la définition  
25 par photo lithogravure de une ou plusieurs spires. Dans cette technique la dimension du dispositif croît avec la valeur de son inductance.

Un exemple pratique de réalisation consiste en une bobine comportant 5 spires dont le diamètre extérieur est  
30 de 15mm, avec des pistes de 0,4mm de largeur espacées de 0,3mm présentant une inductance de 2,12pH, qui est décrite dans le mémoire de thèse soutenu par Jean-Christophe Ginefri le 16 décembre 1999 à l'Université de Paris XI et intitulé « Antenne de surface supraconductrice miniature  
35 pour l'imagerie RMN à 1,5 Tesla ».

La technique décrite ci-dessus présente deux inconvénients principaux :

- la surface occupée par chaque composant inductif est importante. Par exemple, le composant décrit au paragraphe 5 précédent occupe une surface de plus de  $700\text{mm}^2$  :

- si le composant est intégré dans un circuit, il est souvent nécessaire de raccorder l'extrémité de la spire intérieure à une ligne supraconductrice. Ceci implique un processus complexe comportant après le dépôt et la gravure 10 des spires :

- a) le dépôt et la gravure d'un film isolant,
- b) le dépôt et la gravure sur cet isolant d'un deuxième film supraconducteur présentant des propriétés similaires à celles du premier film. Cette dernière étape est 15 particulièrement délicate car il est nécessaire de réaliser une reprise d'épitaxie, technique qui est difficilement maîtrisable. Il existe d'autres procédés permettant de déposer une bobine en couches minces, mais ils présentent des difficultés de réalisation identiques 20 à celles décrites ici.

Par ailleurs, un certain nombre de procédés sont connus pour obtenir des composants inductifs dont les caractéristiques d'inductance sont réglables facilement, lors de la fabrication ou bien une fois implanté dans un 25 circuit ou un dispositif électrique ou électronique.

Un tel réglage peut être utile au stade de la fabrication, par exemple pour fabriquer à faible coût une gamme variée et homogène de composants d'inductances différentes, en ne changeant que peu de paramètres du 30 processus de fabrication.

Il est également très utile de disposer de composants inductifs dont l'inductance peut être réglée ultérieurement, par exemple pour effectuer un réglage ou un

étalonnage ou une mesure au sein d'un appareil incluant de tels composants.

Les dispositifs ou procédés connus utilisent souvent un ajustement à la fabrication des caractéristiques géométriques d'éléments macroscopiques, ou un réglage ultérieur de cette géométrie par une action mécanique. Il s'agit par exemple d'ajuster ou de régler la position d'un noyau de ferrite au cœur d'une bobine comme dans le brevet US 4 558 295, ou d'une électrode métallique entre deux parties diélectriques comme le décrit le brevet US 6 556 415. Il peut s'agir également d'un déplacement de contact sur une piste conductrice formant un méandre déposé en couche mince, tel qu'enseigné par la demande de brevet US 2002/01 90835.

Il est également possible d'associer par connexion électrique ou électronique un certain nombre de sous-composants d'inductance connue, comme le propose le brevet US 5 872 489, ce qui présente des limites évidentes, par exemple en terme de nombre de valeurs obtenues et de complexité de réalisation.

Une autre méthode est proposée par le brevet US 5 426 409, qui consiste à contrôler par un courant variable le degré de saturation magnétique du noyau d'une bobine. Lorsque les contraintes et les fréquences concernées le permettent, il est également possible d'ajuster une inductance par variation de fréquence sur un matériau semi-conducteur (technologie MESFET GaAs, décrite dans le brevet US 6 211 753). Ce type de solution n'est toutefois pas applicable dans tous les cas, et n'est pas toujours non plus miniaturisable au-delà d'une certaine limite.

Selon les solutions employées, les composants obtenus peuvent être sujets à l'usure. Souvent, ils imposent un encombrement non négligeable. Ils présentent également des



limites en matière de plages de fréquences et/ou de performances utilisables.

En plus des limites citées plus haut en matière de miniaturisation et de performances d'inductance, fabriquer  
5 des composants d'inductances variées ou régler la valeur d'inductance d'un composant présente donc des difficultés non négligeables.

Un but de la présente invention est de remédier à ces  
10 inconvénients en proposant un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux que les procédés actuels.

Un autre but de la présente invention est de proposer un composant plus performant que les composants actuels, dans l'absolu ou par rapport à sa taille.

15 Cet objectif est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur sous la forme de un ou plusieurs segments de ligne ou éléments, d'une surface de l'ordre de quelques centaines de microns carrés constitués d'un empilement de films ou couches  
20 minces alternativement supraconducteurs et isolants.

On peut ainsi accéder à des processus de fabrication automatisables et collectifs mettant en œuvre des techniques connues et largement répandues de dépôt de couches minces et de gravure, ce qui contribue à une  
25 réduction sensible des coûts de fabrication.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, chaque film constituant l'empilement est parfaitement cristallisé. Le dispositif est dimensionné de façon à ce que dans les conditions de travail il se trouve dans l'état  
30 Meissner, c'est à dire l'état dans lequel il ne présente pas de dissipation mesurable en courant continu.

Le dispositif proposé peut être réalisé à partir de tout couple de matériaux permettant de réaliser un empilement de films alternativement supraconducteurs et

isolants en dessous d'une température appelée température critique.

Un autre but de la présente invention est de proposer un composant inductif dont les caractéristiques d'inductance peuvent être plus simplement ajustées lors de la fabrication, ou à moindre coût.

Cet objectif est atteint avec un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces composées alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Selon une particularité, cet empilement est positionné sur une piste supraconductrice connectée ou intégrée à un circuit électrique ou électronique.

Selon une variante de réalisation, la liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité sensiblement uniforme au sein de l'empilement.

Selon une autre variante de réalisation, la liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité variable au sein de l'empilement.

Selon une particularité, les moyens d'accord sont appliqués sur tout ou partie de la tranche de l'empilement pour réaliser une liaison résistive entre au moins deux couches supraconductrices. Ces moyens d'accord peuvent alors comprendre un matériau déposé ou adhérent à la tranche de l'empilement, et étant ainsi en contact avec tout ou partie des couches supraconductrices qui s'y trouvent.

Selon une particularité, les moyens d'accord comprennent un composé constitué d'un polymère incluant des

particules métalliques, déposé sur ou en contact avec tout ou partie de la tranche de l'empilement.

Les éléments des moyens d'accord qui sont appliqués sur la tranche de l'empilement peuvent être répartis sous  
5 la forme d'une couche unique, ou de plusieurs couches minces empilées.

Un autre but de la présente invention est de proposer un composant plus fiable, plus performant ou d'encombrement plus réduit, dont les caractéristiques d'inductance  
10 puissent être réglées ou accordées après fabrication.

Cet objectif est atteint avec un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces composées alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens  
15 d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices. Les moyens d'accord présentent alors des caractéristiques de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande, propre à l'environnement du  
20 composant.

Cette grandeur de commande peut alors être générée ou ajustée par des composants émetteurs, réalisant ainsi une commande de réglage de l'inductance du composant selon l'invention. Cette grandeur de commande peut également être  
25 uniquement propre à l'environnement du composant selon l'invention (ou seulement d'une partie du composant), réalisant ainsi une fonction de capteur ou de détection de cette grandeur de commande.

Les moyens d'accord peuvent présenter une résistivité  
30 commandée par :

- une exposition ou une variation d'exposition à un rayonnement lumineux.
- une variation de température.

- une exposition ou une variation d'exposition à un champ magnétique.
- une exposition ou une variation d'exposition à un champ électrique.

5        Selon une particularité, les moyens d'accord comportent des moyens de réglage de la résistivité d'au moins une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par ces moyens d'accord.

10       Selon une particularité, les moyens de réglage comprennent un circuit électrique ou électronique de réglage de la résistivité ou de la résistance électrique entre au moins deux couches supraconductrices reliées par le dispositif d'accord.

15       Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux permettant d'ajuster ou d'accorder les caractéristiques d'inductance des composants fabriqués.

20       Ce but est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur d'une valeur d'inductance déterminée, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord,  
25       d'un matériau réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique d'une résistivité déterminée, choisie en fonction de ladite valeur d'inductance.

30       Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux permettant de fabriquer des composants dont l'inductance est réglable après fabrication.

      Ce but est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur présentant des

caractéristiques d'inductance réglables, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique de l'environnement de cette couche d'accord.

10        Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif électronique incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord  
15        réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Selon une particularité, un tel dispositif peut assurer des fonctions de filtrage, ou de transducteur.

Le composant inductif supraconducteur peut comprendre  
20        des moyens d'accord sensibles à la lumière, par exemple une couche d'un composé photoconducteur. Un tel dispositif peut alors être prévu pour réaliser un transducteur optoélectronique.

Selon une particularité, le composant inductif  
25        supraconducteur peut être associé (seul ou en plusieurs exemplaires) à un ou plusieurs composants capacitifs. Le dispositif selon l'invention peut alors être agencé pour assurer une fonction de ligne à retard.

Suivant encore un aspect de l'invention, il est  
30        proposé un dispositif d'antenne incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens

d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Un tel dispositif d'antenne peut alors comprendre une ou plusieurs lignes à retard selon la présente invention.

5 De telles antennes peuvent être associées, avec des réglages cohérents et accordés pour réaliser un dispositif d'imagerie médicale, par exemple de type IRM.

Des lignes à retard selon l'invention peuvent également être mises en œuvre dans un dispositif radar à  
10 décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant une ligne à retard selon l'invention, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des  
15 antennes voisines.

Plusieurs variantes de réalisation de processus peuvent être envisagées pour la fabrication de circuits supraconducteurs intégrant l'invention.

Le processus de fabrication comprend en particulier  
20 les étapes de dépôt d'un film supraconducteur et dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants. Le processus comprend également des étapes de gravure de l'ensemble des films déposés et gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser  
25 subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif. Selon les variantes, ces étapes de gravure peuvent s'intercaler de façons différentes et en une ou plusieurs occurrences au sein des étapes de dépôt.

30 Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour réaliser un composant inductif supraconducteur sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement de films alternativement

d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Un tel dispositif d'antenne peut alors comprendre une ou plusieurs lignes à retard selon la présente invention.

5 De telles antennes peuvent être associées, avec des réglages cohérents et accordés pour réaliser un dispositif d'imagerie médicale, par exemple de type IRM.

Des lignes à retard selon l'invention peuvent également être mises en œuvre dans un dispositif radar à  
10 décalage de phase ou un dispositif d'imagerie médicale comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant une ligne à retard selon l'invention, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet ou reçoit un signal dont  
15 la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines.

Plusieurs variantes de réalisation de processus peuvent être envisagées pour la fabrication de circuits supraconducteurs intégrant l'invention.

20 Le processus de fabrication comprend en particulier les étapes de dépôt d'un film supraconducteur et dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants. Le processus comprend également des étapes de gravure de l'ensemble des films déposés et gravure  
25 sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif. Selon les variantes, ces étapes de gravure peuvent s'intercaler de façons différentes et en une ou plusieurs occurrences au sein des  
30 étapes de dépôt.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour réaliser un composant inductif supraconducteur sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement de films alternativement

supraconducteurs et isolants, mettant en œuvre le procédé selon l'invention.

Dans une forme particulière de l'invention, ce système de réalisation comprend :

- 5 - des moyens pour déposer un film supraconducteur sur un substrat,
- des moyens pour déposer sur le film supraconducteur un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, et
- 10 - des moyens pour graver l'ensemble des films déposés , ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

15 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un empilement E de  
20 couches C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> déposées sur un substrat ;

- la figure 2A est une vue de dessus d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif constitué de films alternativement supraconducteurs C<sub>1</sub> et isolants C<sub>2</sub> ;

25 - la figure 2B est une vue en coupe d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif E constitué de films alternativement supraconducteurs C<sub>1</sub> et isolants C<sub>2</sub> ;

- la figure 3A est une photographie du motif utilisé  
30 pour les tests montrant l'emplacement des entrées de courant I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub>, les plots de mesure V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub> de la différence de potentiel aux bornes du pont ainsi que l'emplacement de celui-ci ;



- la figure 3B représente le masque de photolithogravure utilisé pour réaliser le motif de test de la figure 3A ;

5 - La figure 4 est un schéma du dispositif de mesure utilisé pour caractériser un composant inductif supraconducteur selon l'invention ;

10 - la figure 5 illustre une différence de potentiel mesurée entre les plots V1 et V2 (traits pleins) lorsqu'un courant (pointillés) en dents de scie à la fréquence de 700Hz circule dans l'échantillon ;

15 - la figure 6 représente une comparaison des différences de potentiel mesurées entre les plots V1 et V2 lorsque deux courants en dents de scie de même amplitude  $I_{max} = 10$  microampères mais de fréquences différentes circulent dans l'échantillon ;

- la figure 7 illustre une ligne de retard implémentant un composant inductif supraconducteur selon l'invention ; et

20 - la figure 8 illustre un schéma de principe d'une antenne à décalage de phase ;

25 - la figure 9 illustre une différence de potentiel mesurée entre les plots V1 et V2 lorsqu'un courant (traits pointillés) circule entre les plots I1 et I2, rapportée à la valeur maximale de ce courant, avant (traits pleins) et après (nuages de points) exposition de l'échantillon à un flux de particules de carbone ;

30 - la figure 10 illustre des valeurs d'inductance selon la fréquence, avant (points carrés) et après (points ronds et points évidés) application de deux opérations différentes réalisant une liaison résistive entre les couches de l'échantillon ;

- la figure 11 représente une vue schématique en perspective d'un composant selon l'invention, dans un mode de réalisation où les moyens d'accord comprennent une

couche d'un composé appliqué sur une tranche de l'empilement ;

5 - la figure 12 représente une vue schématique en vue de dessus d'un composant selon l'invention, dans un mode de réalisation où les moyens d'accord comprennent un film photoconducteur appliqué sur une tranche de l'empilement, et dont la résistivité est commandée par une source lumineuse commandée ;

10 - la figure 13 représente une vue schématique en perspective d'un composant selon l'invention, dans un mode de réalisation où les moyens d'accord comprennent un circuit électrique ou électronique de résistance réglable connecté à certaines des couches de l'empilement.

15 Le principe mis en œuvre dans le composant et son procédé de réalisation selon l'invention réside en un empilement E de films minces, ou couches minces, alternativement supraconducteurs C1 et isolants C2, associés ou non à des liaisons résistives entre les films  
20 supraconducteurs C1.

Ces films sont déposés sur un substrat S, en référence à la figure 1, ou bien sur une ligne supraconductrice LS. Il est important que les films C2 soient isolants et de  
25 bien contrôler d'éventuels défauts de croissance risquant de mettre deux films supraconducteurs voisins en contact direct.

Ce principe d'empilement permet l'obtention de composants particulièrement performants, entre autres parce que de valeur d'inductance très élevée par rapport à leur  
30 taille.

Le principe consistant à relier entre eux des couches supraconductrices de l'empilement à travers des liaisons résistives, permet alors de diminuer l'inductance obtenue. Cette diminution peut alors être prévue et réalisée en

fonction des besoins, par une variation de la résistivité de ces liaisons inter-couches.

Il est ainsi possible de réaliser des composants présentant une inductance de la valeur voulue, en fonction des besoins ou pour constituer une gamme de composants de valeurs différentes.

En utilisant des liaisons dont la résistivité peut varier de façon importante sous l'influence de certains facteurs, il est également possible de réaliser des composants dont la valeur d'inductance peut être modifiée par des moyens de commande, ou par une grandeur physico-chimique à détecter.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, le premier film déposé pour réaliser l'empilement E est isolant comme indiqué sur la figure 1.

L'intégration de composants inductifs dans un circuit supraconducteur peut être effectuée de la façon indiquée sur les figures 2A et 2B en utilisant les techniques de dépôt de films minces bien connues de l'homme de l'art, par exemple l'ablation laser, la pulvérisation cathodique radio-fréquence, l'évaporation sous vide, le dépôt chimique en phase vapeur et de manière générale toute technique de dépôt permettant l'obtention de couches minces.

Il est à noter que dans cette version particulière du procédé selon l'invention correspondant aux figures 2A et 2B, un film supraconducteur L1 déposé sur un substrat S, une fois gravé, constitue une ligne supraconductrice LS sur laquelle sera placé l'empilement inductif E.

Dans un exemple particulier de réalisation selon l'invention fourni à titre non limitatif, les matériaux choisis sont les composés  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  pour les films supraconducteurs et  $\text{LaAlO}_3$  pour les films isolants. Les épaisseurs sont de 10nm ( $10^{-8}\text{m}$ ) pour les films

supraconducteurs et de 4nm ( $4.10^{-9}m$ ) pour les films isolants. 14 paires de films ont été déposées.

Après dépôt, les films ont été gravés de façon à obtenir le motif représenté sur la figure 3A dans laquelle on distingue les contacts métallisés I1, I2 qui permettent d'amener le courant dans l'échantillon et ceux qui permettent de mesurer les tensions V1 et V2 aux bornes de l'élément central, appelé pont, du motif. A titre indicatif et non limitatif, la taille du pont est de  $10\mu m \times 20\mu m$ .

Le dispositif de mesure utilisé pour caractériser les échantillons de composants inductifs supraconducteurs selon l'invention, représenté en figure 4, comporte un générateur GBF créant un courant variable dans le temps  $I(t)$  qui traverse la résistance R et l'échantillon Ech via les contacts I1 et I2. La différence de potentiel aux bornes de la résistance R est amplifiée par un amplificateur différentiel AI et envoyée sur une entrée YI de l'oscilloscope Osc. Elle permet de connaître l'intensité  $I(t)$  du courant traversant l'échantillon. La différence de potentiel aux bornes de l'échantillon est prélevée en V1 et V2, amplifiée par l'amplificateur Av et envoyée sur l'entrée Yv de l'oscilloscope Osc.

La figure 5 montre les signaux recueillis en YI et Yv lorsque l'échantillon est à une température de 70K. Dans le cas présent, l'échantillon était placé dans un cryostat à hélium liquide, mais tout procédé permettant d'obtenir une température inférieure à la température critique de l'échantillon étudié convient.

Le générateur délivre un courant en dents de scie à la fréquence de 700Hz. On a directement reporté la valeur du courant  $I(t)$ . On observe que la différence de potentiel  $V(t)$  entre V1 et V2 présente la forme de créneaux, ce qui indique que  $V(t)$  est proportionnelle à la dérivée par rapport au temps de  $I(t)$ . Cette caractéristique indique que

l'échantillon se comporte bien comme un composant inductif. On a reporté sur la figure 6 les signaux  $V(t)$  mesurés à 700 Hz et 2kHz pour une valeur du courant crête égale à 10  $\mu A$  dans les deux cas. Dans cette figure, le trait plein correspond à la tension relevée pour un courant à la fréquence  $F=700Hz$  et le trait pointillé à celle relevée pour un courant à la fréquence  $F=2000Hz$ .

On observe que le rapport de l'amplitude des signaux obtenus est dans le rapport des fréquences appliquées, ce qui là aussi est typique d'un composant inductif.

Des résultats présentés sur la figure 6, on déduit que l'inductance du composant réalisé selon l'invention est égale à  $535 \mu H \pm 10 \mu H$ . Les composants testés n'ont pas tous présenté une inductance aussi élevée mais des valeurs de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu H$  ont été couramment obtenues avec des composants de forme identique à celui présenté ici.

La figure 9 correspond à plusieurs mesures réalisées sur un même échantillon initial, et mettant en évidence une variation de l'inductance du composant du fait de la présence de liaisons résistives entre les couches supraconductrices.

Cette figure 9 montre les signaux recueillis en YI et Yv, rapportés à la valeur maximale  $I_{max}$  de l'intensité et pour une fréquence de 1 kHz, dans les mêmes conditions que pour la figure 5.

Dans cette figure, le trait plein représente la quantité  $V/I_{max}$ , mesurée sur un échantillon dont les couches supraconductrices C1 sont séparées par des couches C2 rigoureusement isolantes. Ce tracé peut être utilisé comme référence et correspond à une inductance maximale obtenue pour un empilement de caractéristiques fixes, en géométrie comme en nature et nombre de couches. Le calcul

montre que l'inductance de l'échantillon est de  $62 \mu\text{H}$  dans cette configuration.

L'échantillon est ensuite exposé à un flux de particules de carbone créant des liaisons résistives entre  
5 les couches supraconductrices C1 de l'empilement E, par contact au niveau des tranches accessibles de l'empilement.

Le tracé en nuages de points représente la quantité  $V/I_{\text{max}}$ , mesurée après cette exposition, en présence des  
particules de carbone déposées sur la tranche de  
10 l'empilement E. Le calcul montre que l'inductance de l'échantillon est alors de  $14 \mu\text{H}$ .

Dans cette configuration, les particules de carbones en contact avec les couches supraconductrices C1 au niveau de leur affleurement dans la tranche de l'empilement E,  
15 constitue alors des moyens d'accord réalisant entre ces couches supraconductrices C1 une liaison résistive, d'une résistivité faible par rapport à celle des couches isolantes C2 qui les séparent. L'expérience montre d'ailleurs que le retrait de ces particules de carbone  
20 permet de restaurer les propriétés initiales.

La figure 10 montre les valeurs d'inductance obtenues pour un échantillon de même forme que pour la figure 5, composé de films supraconducteurs de la phase  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  séparés par des films isolants en  $\text{LaAlO}_3$ .

25 Dans cette figure, les points en forme de carrés pleins représentent les valeurs d'inductance mesurées à différentes fréquences, mesurées sur un échantillon dont les couches supraconductrices C1 sont séparées par des couches C2 rigoureusement isolantes.

30 Sur la même figure, les points en forme de ronds pleins et en forme de carrés creux représentent les valeurs d'inductance mesurées à différentes fréquences, mesurées sur un échantillon doté de moyens d'accord de deux types

différents et réalisant entre les couches supraconductrices C1 des liaisons résistives de caractéristiques différentes.

Ces moyens d'accord peuvent comprendre, à titre d'exemple, un polymère contenant des grains d'argent  
5 appliqué sur l'échantillon.

Ainsi on constate que l'utilisation de moyens d'accord de résistivités différentes permet, à partir d'un échantillon d'une inductance donnée, par exemple d'environ  $5.10^{-5}$  H à 1kHz, de réaliser un composant d'inductance plus  
10 faible.

De plus, cette valeur plus faible d'inductance est différente selon que les moyens d'accord sont d'un premier type avec une première caractéristique de résistivité, donnant par exemple une inductance proche de  $1,1.10^{-5}$  H, ou  
15 sont d'un deuxième type avec une deuxième caractéristique de résistivité, donnant par exemple une inductance proche de  $1,1.10^{-6}$  H.

La réalisation de ces moyens d'accord utilise des techniques connues et peut se faire suivant différents  
20 modes dont certains sont expliqués ci-dessous à titre d'exemples non limitatifs.

La figure 11 illustre un mode de réalisation de l'invention où un empilement E de couches minces alternativement supraconductrices C1 et isolantes C2 est  
25 positionné sur une piste supraconductrice LS. Cette piste peut être située sur un film isolant, ou directement sur un substrat, ou faire partie elle-même d'un circuit multicouche.

Sur la tranche de l'empilement E est disposé un  
30 dispositif d'accord réalisant des moyens d'accord, en assurant une connexion électrique d'une résistivité déterminée entre les différentes couches supraconductrices C1, C1i de l'empilement. Ce dispositif d'accord peut être réalisé sous la forme d'une substance MA1 d'une résistivité

connue, fixe ou pouvant être choisie par une modification de sa composition. Cette substance, dite substance d'accord, peut être déposée sur la tranche de l'empilement, voire sur la totalité de la surface du composant, par des  
5 moyens connus par exemple par enduction ou par des procédés de dépôt d'une couche mince comme ceux décrits plus haut.

La résistivité de cette substance d'accord, et donc l'inductance du composant obtenu, peut être choisie et déterminée avant son application sur l'empilement par tout  
10 moyen connu, par exemple par dosage d'un composant entrant dans sa fabrication. Si cette substance est un polymère incluant des grains d'argent, l'inductance du composant réalisé pourra ainsi être déterminée par la quantité ou la taille des grains d'argent.

15 L'invention décrit donc également un procédé de réalisation de composants supraconducteurs à inductance accordable, dont la valeur d'inductance est déterminée à la fabrication par le choix de substances d'accord de caractéristiques différentes.

20 La figure 12 illustre un mode de réalisation où les moyens d'accord présentent une résistivité dont la valeur change de façon importante en fonction d'une grandeur physique ou chimique de son environnement. Dans cet exemple, les moyens d'accord comprennent une substance  
25 d'accord MA2, par un exemple un film photoconducteur en une ou plusieurs couches minces, dont la résistivité varie en fonction du rayonnement lumineux qu'elle reçoit.

Cette substance d'accord MA2 reçoit un rayonnement lumineux en provenance de moyens d'éclairage ME, qui  
30 peuvent être commandés par des moyens de commande d'un type connu.

Au sein d'un dispositif électrique ou électronique incluant un composant supraconducteur à inductance accordable selon l'invention, il est donc possible de



commander une variation de l'inductance dudit composant inductif en commandant le fonctionnement des moyens d'éclairage ME. Un tel composant peut ainsi permettre de réaliser de nombreux types de composants optoélectroniques, 5 par exemple un transducteur optoélectronique.

En agencant le composant selon l'invention de façon à ce que les moyens d'accord reçoivent de la lumière extérieure, il est également possible de réaliser un capteur lumineux.

10 Dans un autre mode de réalisation, non représenté, les moyens d'accord présentent une résistivité variant selon une autre grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande. A titre d'exemple, cette grandeur de commande peut être une température, un champ électrique, ou un champ 15 magnétique.

De la même façon qu'avec un rayonnement lumineux, le composant selon l'invention peut alors être agencé pour réaliser un capteur de cette grandeur, ou pour être commandé en inductance par une émission ou une variation de 20 cette grandeur par une source commandée.

Ainsi, il est par exemple possible de réaliser des transducteurs, des coupleurs, des capteurs, ou nombre de composants ou dispositifs incluant une variation d'inductance selon une telle grandeur physicochimique.

25 L'invention décrit donc également un procédé de réalisation de composants supraconducteurs à inductance accordable, dont la valeur d'inductance est réglable après fabrication par la détection ou la commande d'une exposition ou d'une variation d'exposition à une grandeur 30 physique ou chimique propre à l'environnement du composant.

La figure 13 illustre une variante de l'invention pouvant également être déclinée en de nombreux modes de réalisation. A titre d'exemple, un mode de réalisation est représenté où une pluralité de couches supraconductrices

Cli de l'empilement E reçoivent une connexion CXi électrique individuelle, ou par petits groupes, qui les relie à un circuit de réglage. Par des moyens de commandes connus, ce circuit de réglage établit entre les différentes connexions CXi des liaisons résistives qui peuvent être modifiées selon l'inductance à obtenir dans le composant supraconducteur inductif. De telles connexions CXi peuvent être réalisées, par exemple, par connexion discrète des couches supraconductrices Cli à l'aide de fils ou de pistes en métal normal. Elles peuvent également être réalisées sous la forme de couches minces de métal normal formant des pistes électriques et empilées en même temps que les couches supraconductrices Cli et isolantes C2i de l'empilement E.

Les composants inductifs supraconducteurs obtenus par le procédé selon l'invention peuvent trouver des applications dans les domaines de l'électrotechnique ou de l'électronique, de la téléphonie, des antennes et des composants passifs à haute fréquence, en particulier pour l'imagerie médicale ainsi que les radars et l'électronique de défense.

Dans un premier exemple d'application, des composants inductifs supraconducteurs sont implémentés dans des systèmes d'antennes. Ainsi, dans un certain nombre de cas, par exemple en imagerie médicale par résonance magnétique (IRM) de surface, on utilise des antennes accordées. Un paramètre important intervenant dans l'efficacité de l'antenne est le coefficient de surtension qui est proportionnel à son inductance. Une antenne supraconductrice permet de faire croître ce coefficient car sa résistance ohmique est très faible. On peut penser obtenir un nouvel accroissement du coefficient de surtension en incluant dans le circuit d'antenne un dispositif du type de ceux décrits ici

Un cas particulièrement favorable sera celui où l'antenne elle-même est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

Dans un autre exemple d'application, des composants  
5 inductifs supraconducteurs sont mis en œuvre dans des lignes à retard. Les lignes à retard sont d'usage courant dans tous les domaines de l'électronique. La forme la plus simple que peut prendre une ligne à retard est représentée sur la figure 7.

10 La présence dans le circuit de l'inductance  $L$  et du condensateur  $C$  provoque une différence de phase entre la tension  $V$  et le courant  $I$ . Un exemple d'utilisation est celui des radars à décalage de phase qui permettent d'explorer l'espace environnant avec un système d'antennes  
15 fixes. Un schéma de principe pour un tel système est reporté sur la figure 8. Dans ce dispositif la ligne principale portant le courant  $I$  est couplée aux différentes antennes. Chacune de celles-ci comporte dans son circuit une ligne à retard. Il en résulte que chaque antenne émet  
20 un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines. En faisant varier ce décalage de phase on change la direction du rayonnement émis. En électronique de défense, on étudie depuis longtemps l'introduction de composants supraconducteurs dans les circuits  
25 électroniques, en particulier pour les radars et plus généralement les contre-mesures. La présence de composants à forte inductance, de petites dimensions et dont la fabrication utilise des processus similaires à ceux employés pour le reste du circuit serait une innovation  
30 importante dans ce domaine.

Dans ses utilisations, en particulier pour réaliser des lignes à retard et des antennes individuelles, ou des antennes composites à décalage de phase, le composant inductif selon l'invention peut être utilisé dans des

Un cas particulièrement favorable sera celui où l'antenne elle-même est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

5 Dans un autre exemple d'application, des composants inductifs supraconducteurs sont mis en œuvre dans des lignes à retard. Les lignes à retard sont d'usage courant dans tous les domaines de l'électronique. La forme la plus simple que peut prendre une ligne à retard est représentée sur la figure 7.

10 La présence dans le circuit de l'inductance  $L$  et du condensateur  $C$  provoque une différence de phase entre la tension  $V$  et le courant  $I$ . Un exemple d'utilisation est celui des radars à décalage de phase qui permettent d'explorer l'espace environnant avec un système d'antennes  
15 fixes. Un schéma de principe pour un tel système est reporté sur la figure 8. Dans ce dispositif la ligne principale portant le courant  $I$  est couplée aux différentes antennes. Chacune de celles-ci comporte dans son circuit une ligne à retard. Il en résulte que chaque antenne émet  
20 ou reçoit un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines. En faisant varier ce décalage de phase on change la direction du rayonnement émis. En électronique de défense, on étudie depuis longtemps l'introduction de composants supraconducteurs dans les  
25 circuits électroniques, en particulier pour les radars et plus généralement les contre-mesures. La présence de composants à forte inductance, de petites dimensions et dont la fabrication utilise des processus similaires à ceux employés pour le reste du circuit serait une innovation  
30 importante dans ce domaine.

Dans ses utilisations, en particulier pour réaliser des lignes à retard et des antennes individuelles, ou des antennes composites à décalage de phase, le composant inductif selon l'invention peut être utilisé dans des

versions de différentes valeurs d'inductances, réalisées comme décrit ci-dessus.

Dans de telles applications, le composant supraconducteur inductif accordable selon l'invention peut également être avantageusement utilisé en version réglable en cours d'utilisation, par exemple pour modifier ou étalonner les caractéristiques d'une antenne composite ou d'une antenne active, par réglage différentié de l'inductance au sein des lignes à retard des antennes individuelles qui la composent.

De telles antennes individuelles ou composites incluant le composant supraconducteur inductif accordable selon l'invention peuvent également permettre des avancées importantes, dans le domaine de l'imagerie médicale, par exemple par IRM.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, le nombre de films respectivement isolants et supraconducteurs n'est pas limité aux exemples décrits. Par ailleurs, les dimensions des composants inductifs supraconducteurs ainsi que leurs surfaces peuvent évoluer en fonction des applications spécifiques de ces composants. De plus, les films respectivement supraconducteurs et isolants peuvent être réalisés à partir d'autres composés que ceux proposés dans l'exemple décrit, pourvu que ces composés satisfassent aux conditions physiques requises pour les applications.

REVENDICATIONS

1. Composant inductif supraconducteur comprenant un empilement (E) de couches minces alternativement d'un  
5 matériau électriquement isolant (C2) et d'un matériau supraconducteur (C1), et des moyens d'accord (M11, MA2) réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices (C1, C1i).
- 10 2. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce que cet empilement (E) est positionné sur une piste supraconductrice (LS).
- 15 3. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité sensiblement uniforme au sein de l'empilement.
- 20 4. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité variable au sein de l'empilement.
- 25 5. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1, MA2) sont appliqués sur tout ou partie de la tranche de l'empilement pour réaliser une liaison résistive entre au moins deux couches supraconductrices.
- 30 6. Composant selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent des caractéristiques de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande, propre à l'environnement du composant.

REVENDEICATIONS

1. Composant inductif supraconducteur comprenant un empilement (E) de couches minces alternativement d'un  
5 matériau électriquement isolant (C2) et d'un matériau supraconducteur (C1), et des moyens d'accord (M11, MA2) réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices (C1, C1i).
- 10 2. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce que cet empilement (E) est positionné sur une piste supraconductrice (LS).
- 15 3. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité sensiblement uniforme au sein de l'empilement.
- 20 4. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité variable au sein de l'empilement.
- 25 5. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1, MA2) sont appliqués sur tout ou partie de la tranche de l'empilement pour réaliser une liaison résistive entre au moins deux couches supraconductrices.
- 30 6. Composant selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent des caractéristiques de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande, propre à l'environnement du composant.

7. Composant selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA2) présentent une résistivité commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un rayonnement lumineux (ME).
- 5 8. Composant selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistivité commandée par une variation de température.
- 10 9. Composant selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistivité commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un champ magnétique.
- 15 10. Composant selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistivité commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un champ électrique.
- 20 11. Composant selon l'une des revendications 5 à 10, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1, MA2) comprennent un composé constitué d'un polymère incluant des particules métalliques.
- 25 12. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'accord comportent des moyens de réglage de la résistivité d'au moins une liaison entre deux couches supraconductrices (C1, C1i) reliées par ces moyens d'accord.
- 30 13. Composant selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de réglage comprennent un circuit (CXi, CR) électrique ou électronique de réglage de la résistivité ou de la résistance électrique entre au moins deux couches
- 35 supraconductrices reliées par le dispositif d'accord.



- 24 -

7. Composant selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA2) présentent une résistivité commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un rayonnement lumineux (ME).
- 5 8. Composant selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistivité commandée par une variation de température.
- 10 9. Composant selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistivité commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un champ magnétique.
- 15 10. Composant selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistivité commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un champ électrique.
- 20 11. Composant selon l'une des revendications 5 à 10, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1, MA2) comprennent un composé constitué d'un polymère incluant des particules métalliques.
- 25 12. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'accord comportent des moyens de réglage de la résistivité d'au moins une liaison entre deux couches supraconductrices (C1, C1i) reliées par ces moyens d'accord.
- 30 13. Composant selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de réglage comprennent un circuit (CXi, CR) électrique ou électronique de réglage de la résistivité ou de la résistance électrique entre au moins deux couches
- 35 supraconductrices reliées par le dispositif d'accord.

- 25 -

14. Dispositif électronique incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord  
5 réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.
15. Dispositif selon la revendication 14, assurant une fonction de transducteur optoélectronique.
- 10 16. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend également un composant capacitif et assure une fonction de ligne à retard.
- 15 17. Dispositif d'antenne incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces  
20 couches supraconductrices.
18. Dispositif radar à décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comportant chacune un circuit électronique incluant au moins une ligne à retard selon la  
25 revendication 16, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet ou reçoit un signal dont la phase est décalée par rapport à celles des antennes voisines.
- 30 19. Dispositif d'imagerie médicale comportant une pluralité d'antennes comportant chacune un circuit électronique incluant au moins une ligne à retard selon la revendication 16, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet ou reçoit un signal dont la phase  
35 est réglée par rapport à celles des autres antennes.

- 25 -

14. Dispositif électronique incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et  
5 d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

15. Dispositif selon la revendication 14, assurant une  
10 fonction de transducteur optoélectronique.

16. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend également un composant capacitif et assure une fonction de ligne à retard.

15 17. Dispositif d'antenne incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord  
20 réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

18. Dispositif selon l'une des revendications 16 ou 17, mis en œuvre dans un dispositif radar à décalage de phase  
25 comportant une pluralité d'antennes comportant chacune un circuit électronique incluant au moins une ligne à retard, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet ou reçoit un signal dont la phase est décalée par rapport à celles des antennes voisines.

30 19. Dispositif selon l'une des revendications 16 ou 17, mis en œuvre dans un dispositif d'imagerie médicale comportant une pluralité d'antennes comportant chacune un circuit électronique incluant au moins une ligne à retard, cette  
35 ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites

20. Procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur d'une valeur d'inductance déterminée, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, d'un matériau réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique d'une résistivité déterminée, choisie en fonction de ladite valeur d'inductance.

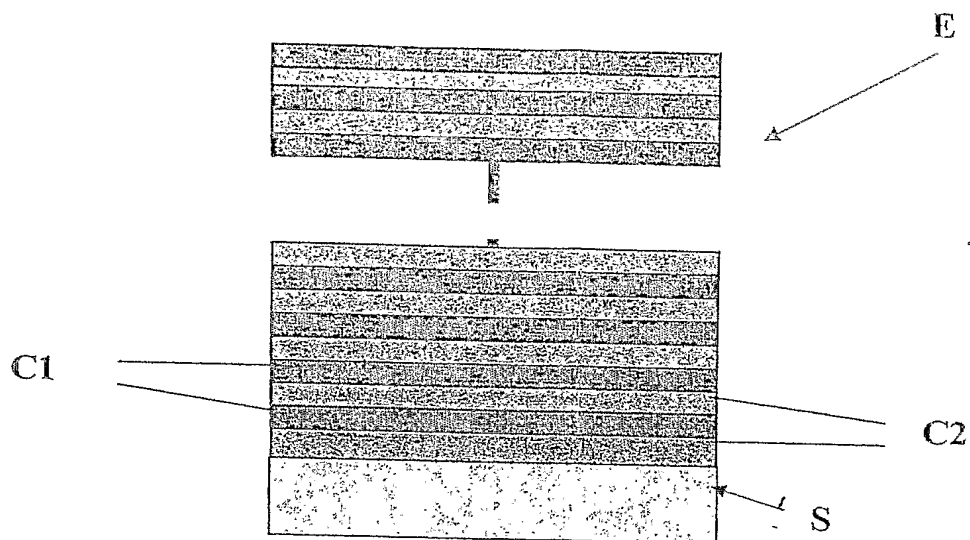
21. Procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur présentant des caractéristiques d'inductance réglables, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique de l'environnement de cette couche d'accord.

- 26 -

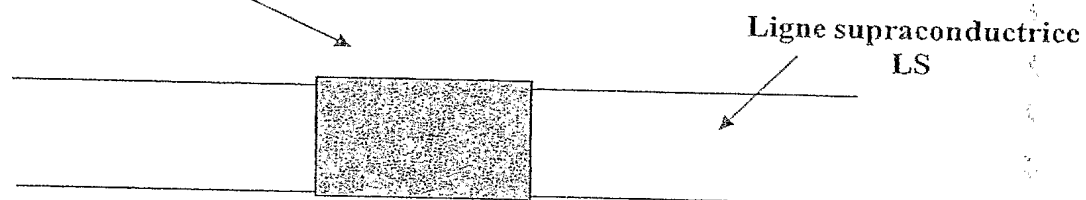
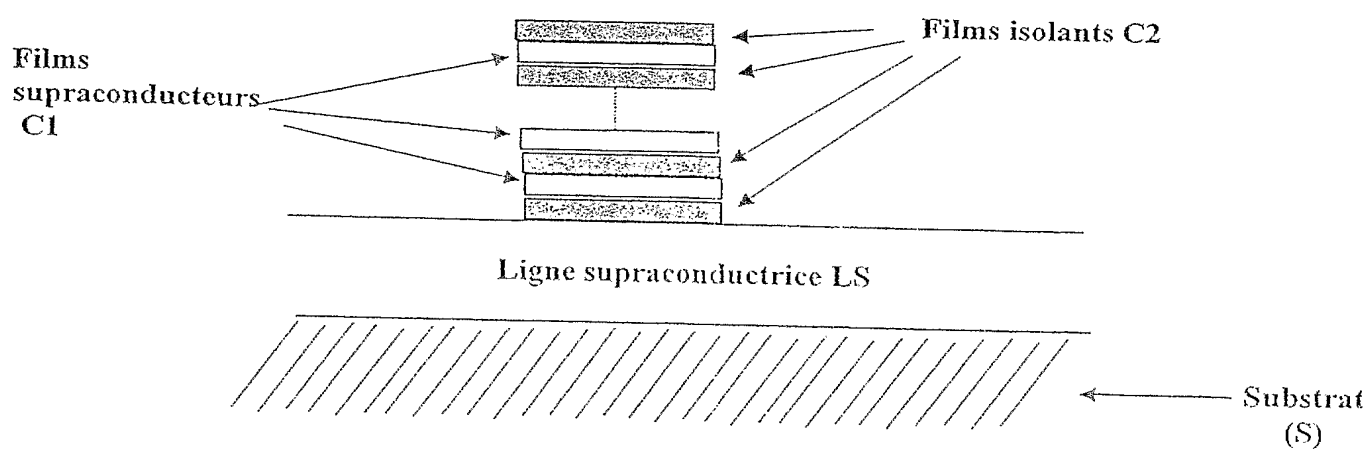
antennes émet ou reçoit un signal dont la phase est réglée par rapport à celles des autres antennes.

20. Procédé de réalisation d'un composant inductif  
5 supraconducteur d'une valeur d'inductance déterminée, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins  
10 une couche d'accord, d'un matériau réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique d'une résistivité déterminée, choisie en fonction de ladite valeur d'inductance.
- 15 21. Procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur présentant des caractéristiques d'inductance réglables, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat,  
20 suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique de  
25 l'environnement de cette couche d'accord.

1/7

FIG. 1

Empilement E de films  
alternativement supraconducteurs et  
isolants

FIG. 2AFIG. 2B

1 / 7

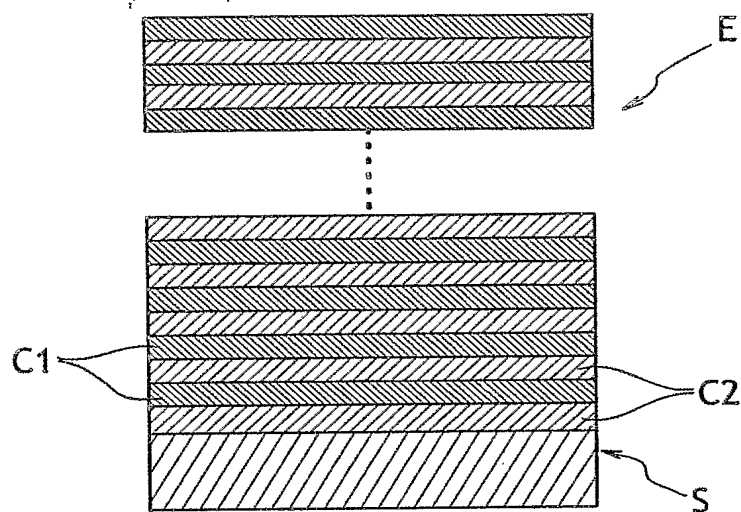


FIG.1

Empilement E de films  
alternativement supraconducteurs  
et isolants

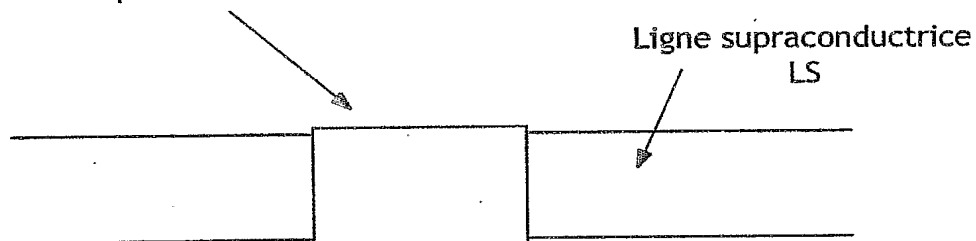


FIG.2a

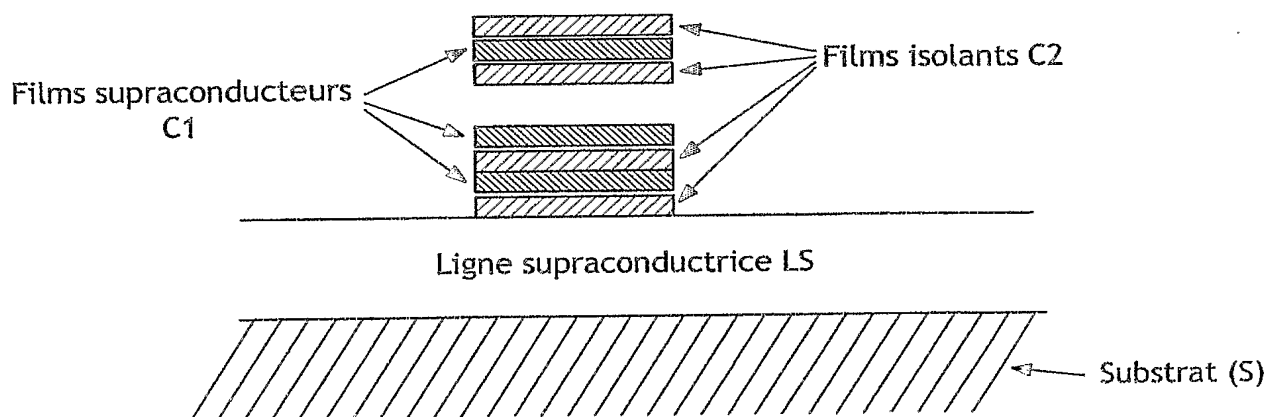
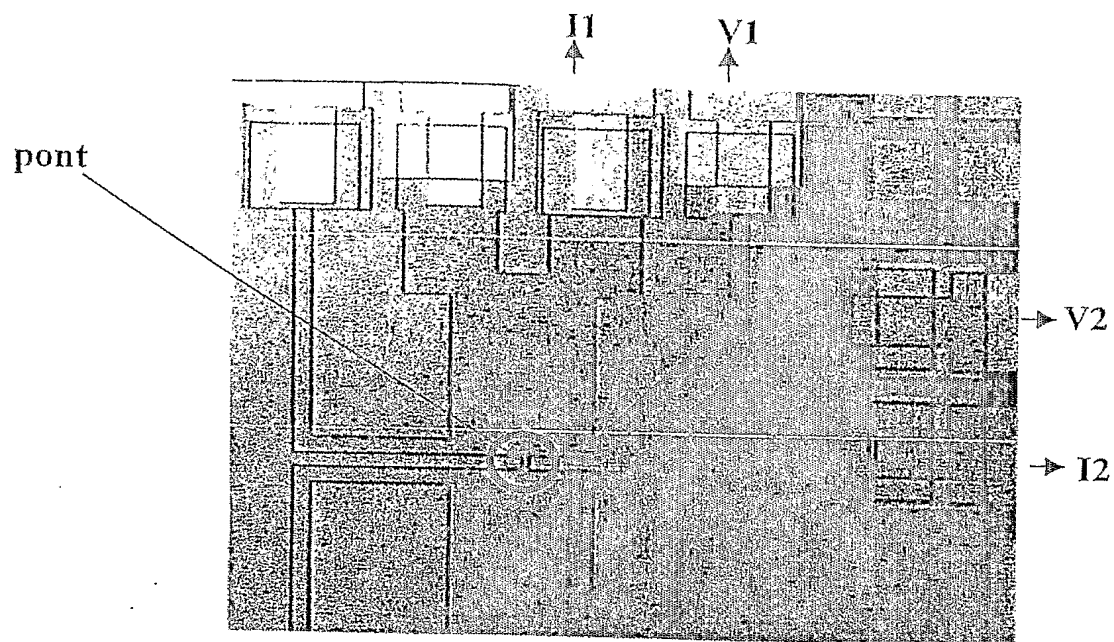
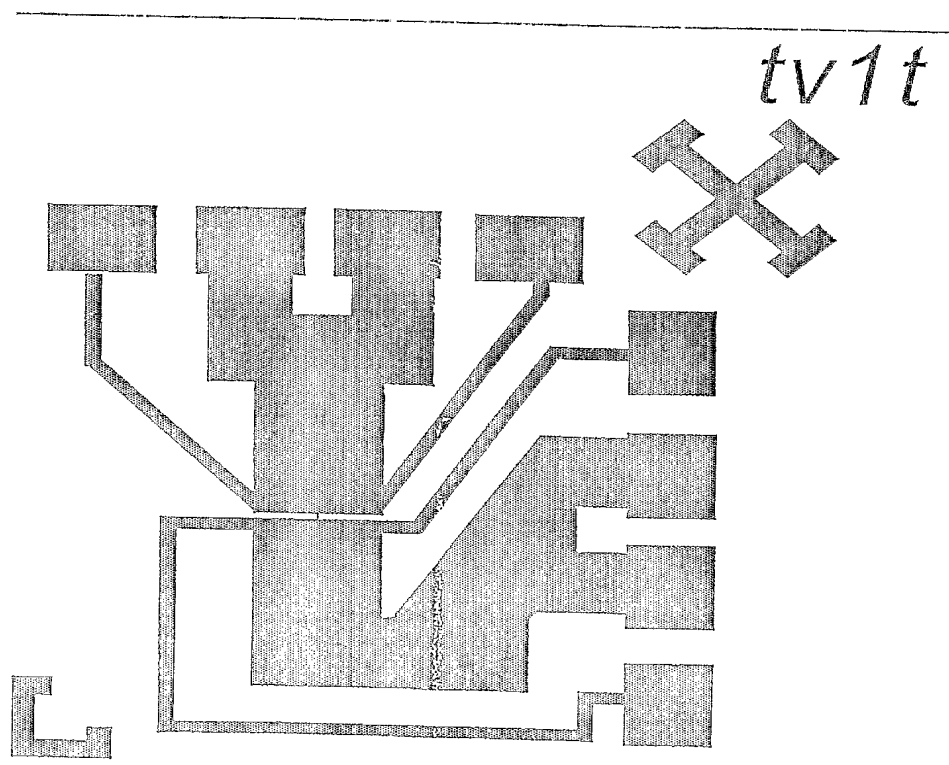


FIG.2b

2/7

FIG.3AFIG.3B



2/7

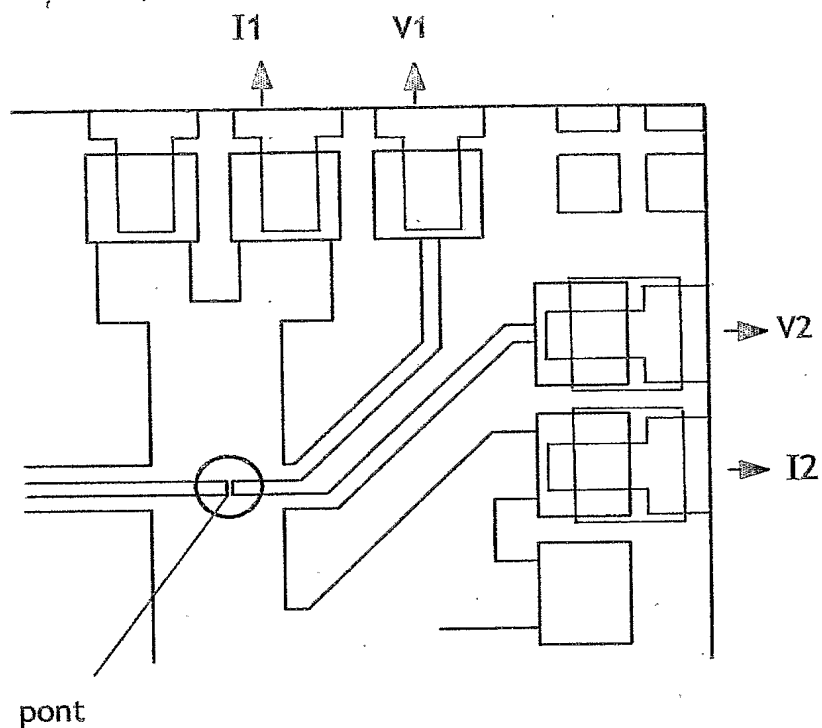


FIG.3a

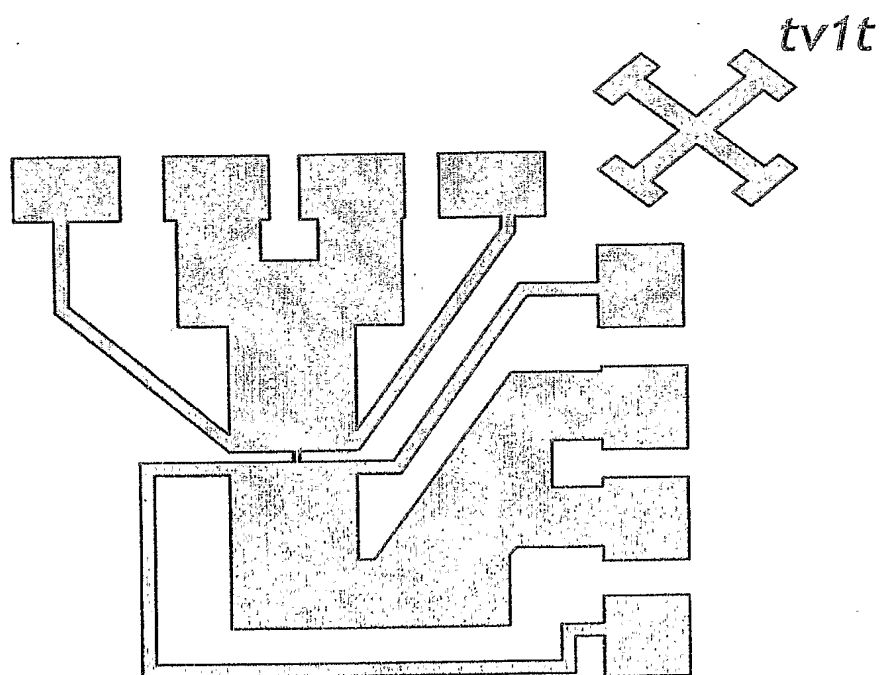
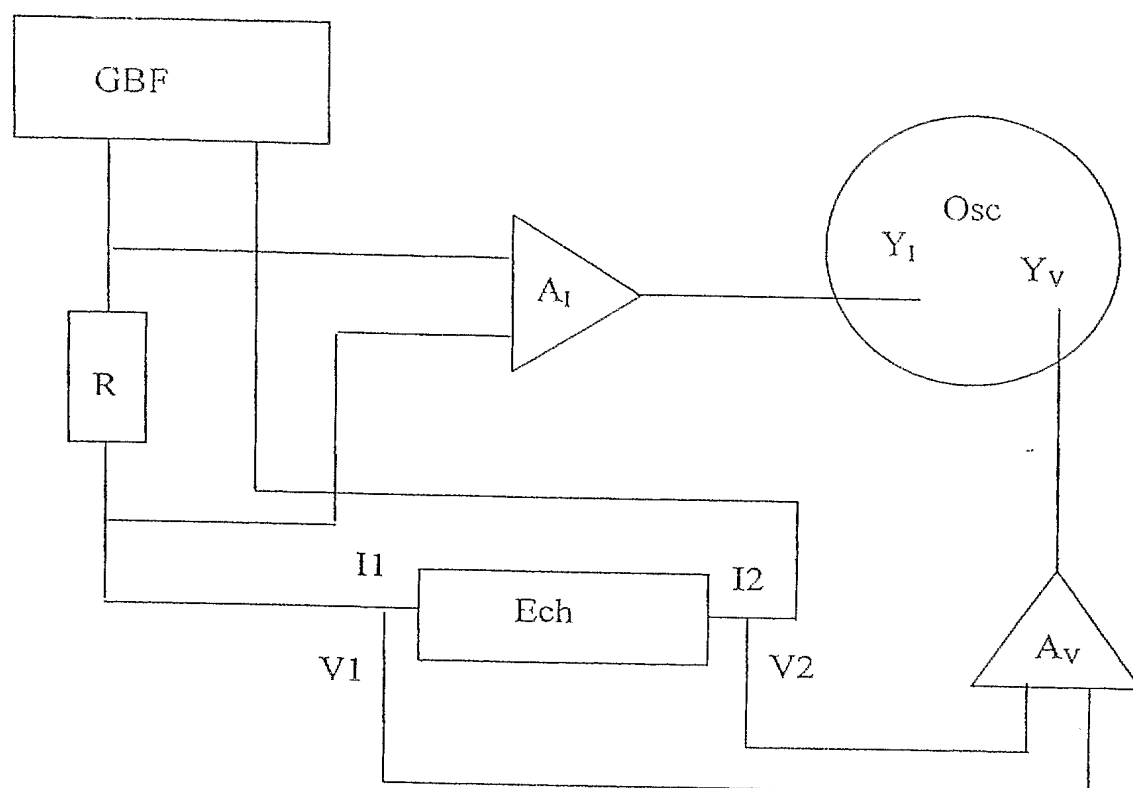
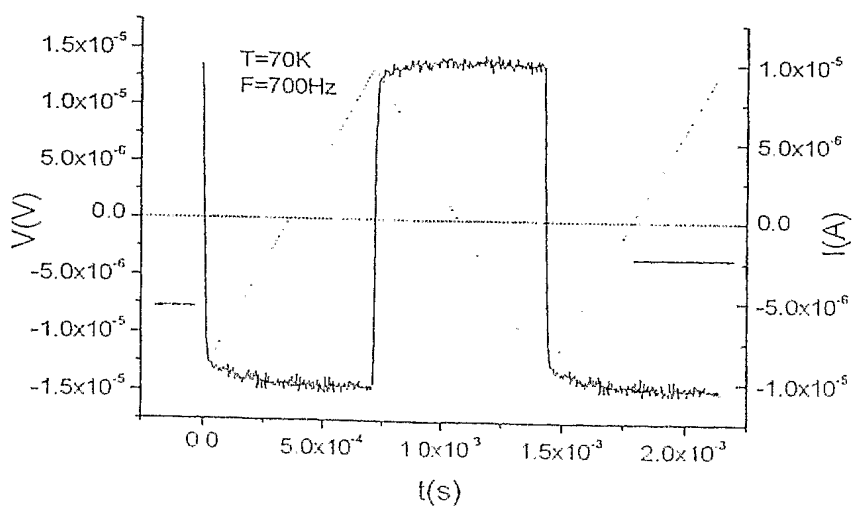


FIG.3b

3/7

FIG.4FIG.5

3/7

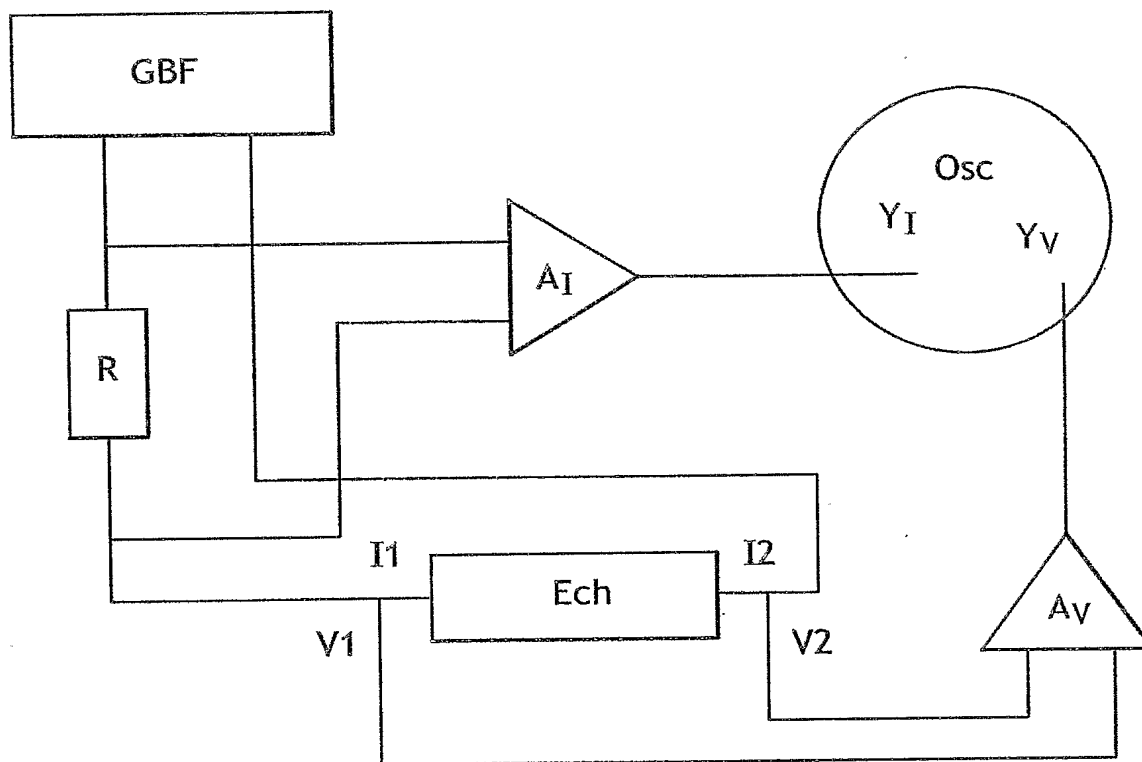


FIG.4

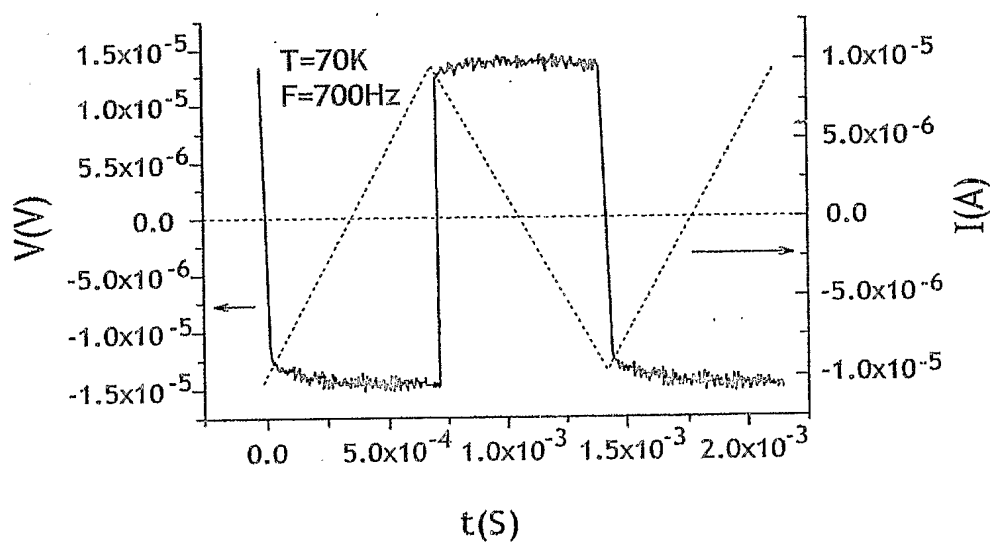
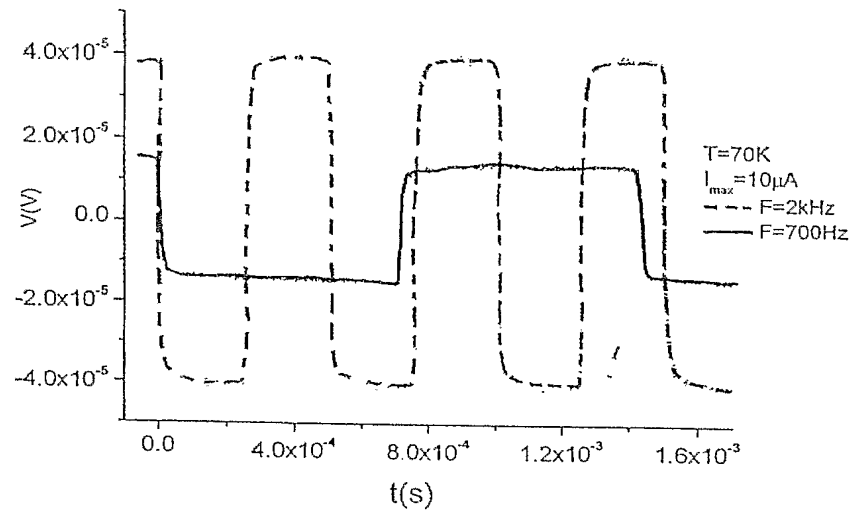
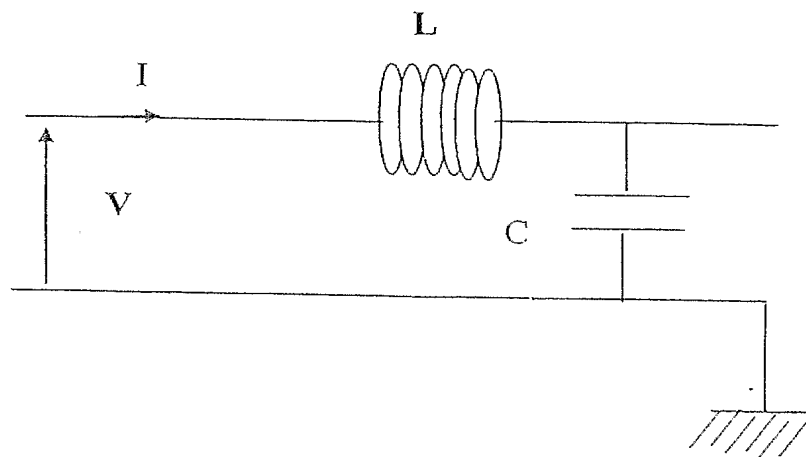
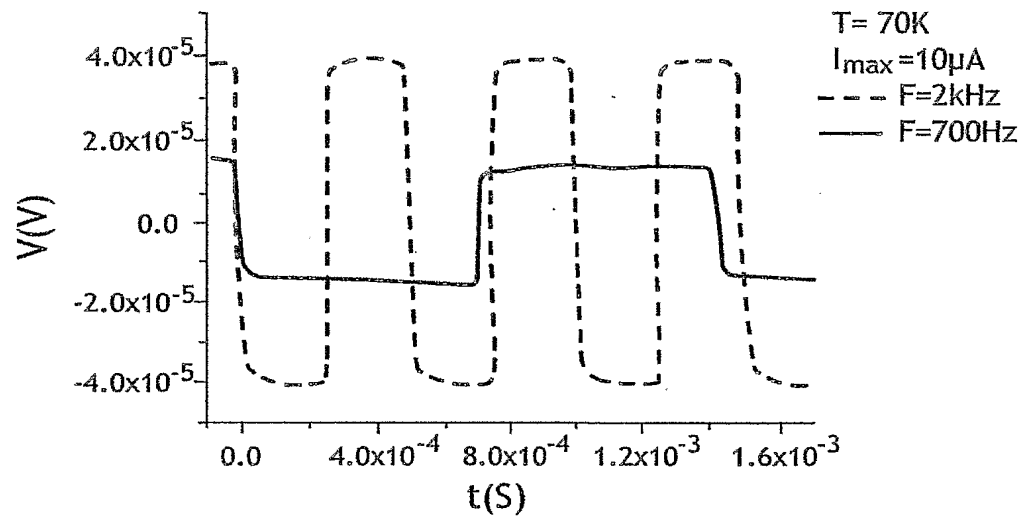
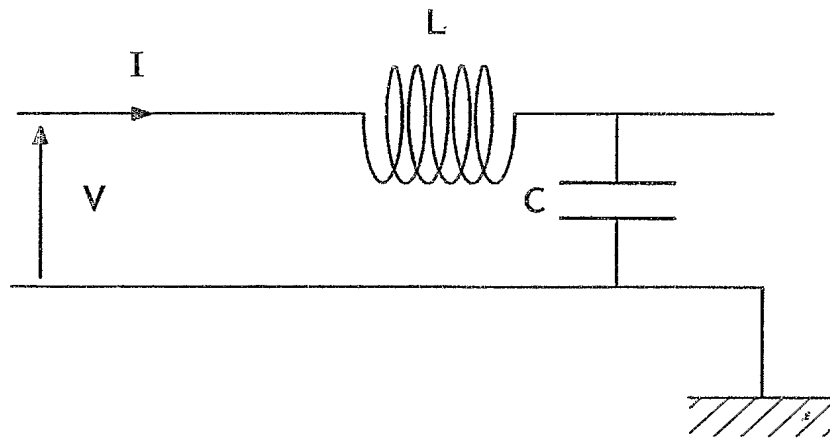


FIG.5

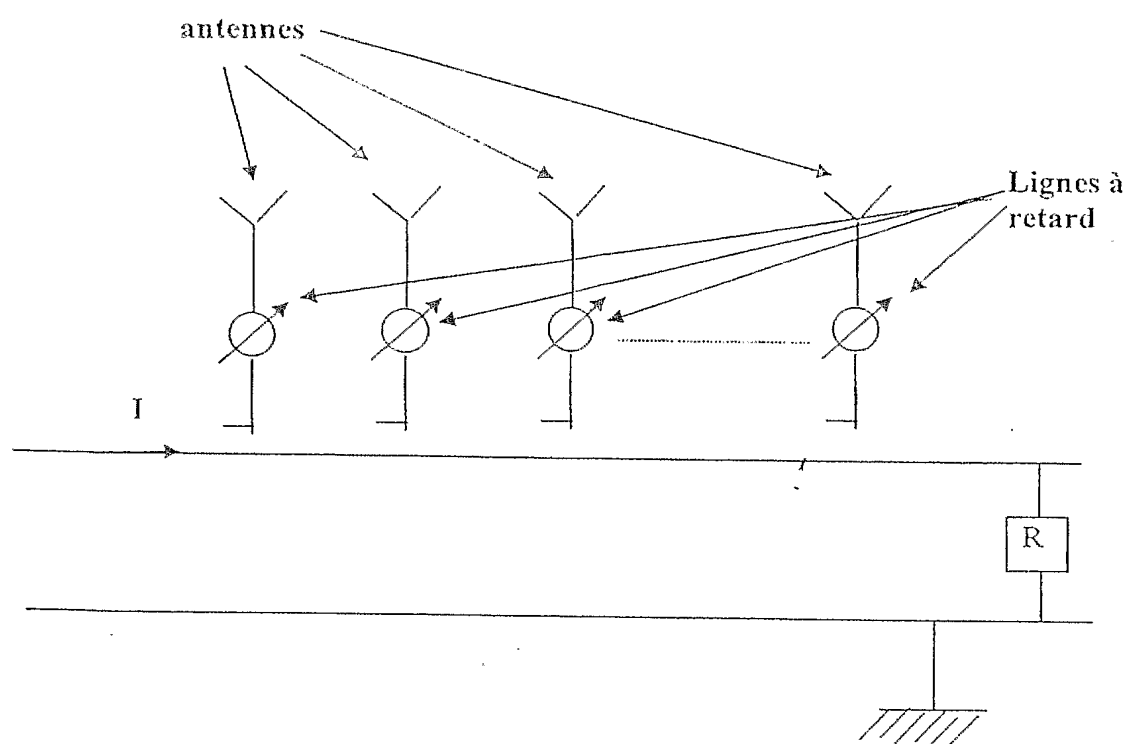
4/7

FIG.6FIG.7

4/7

FIG.6FIG.7

5/7

FIG.8

5/7

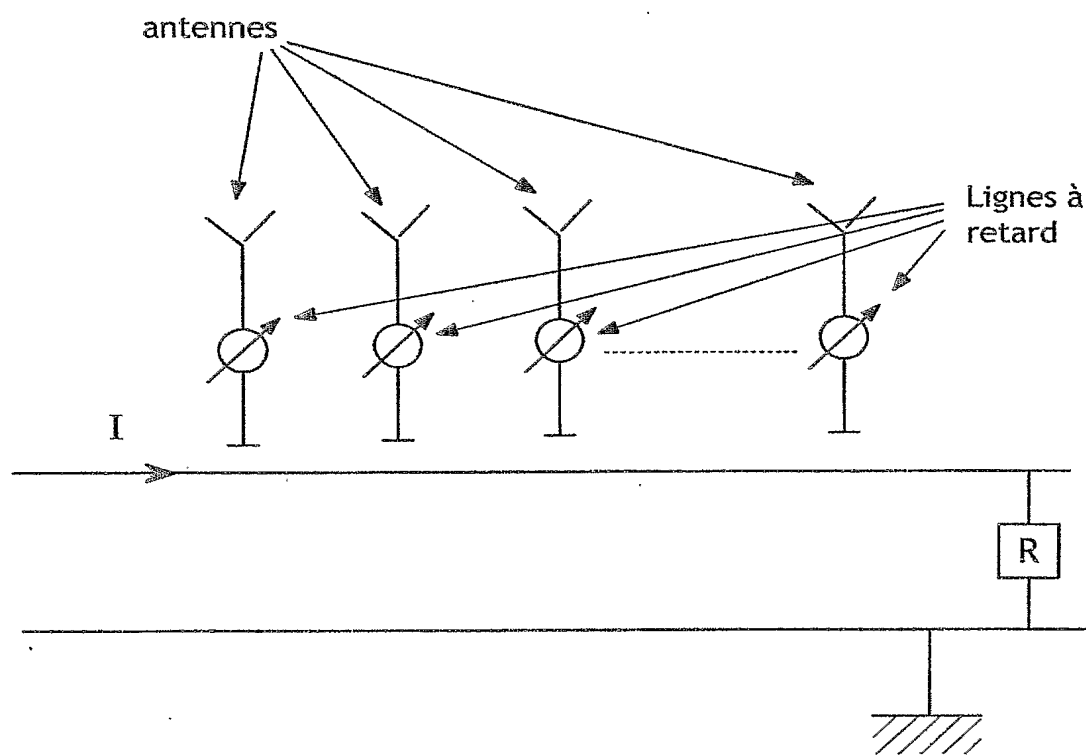
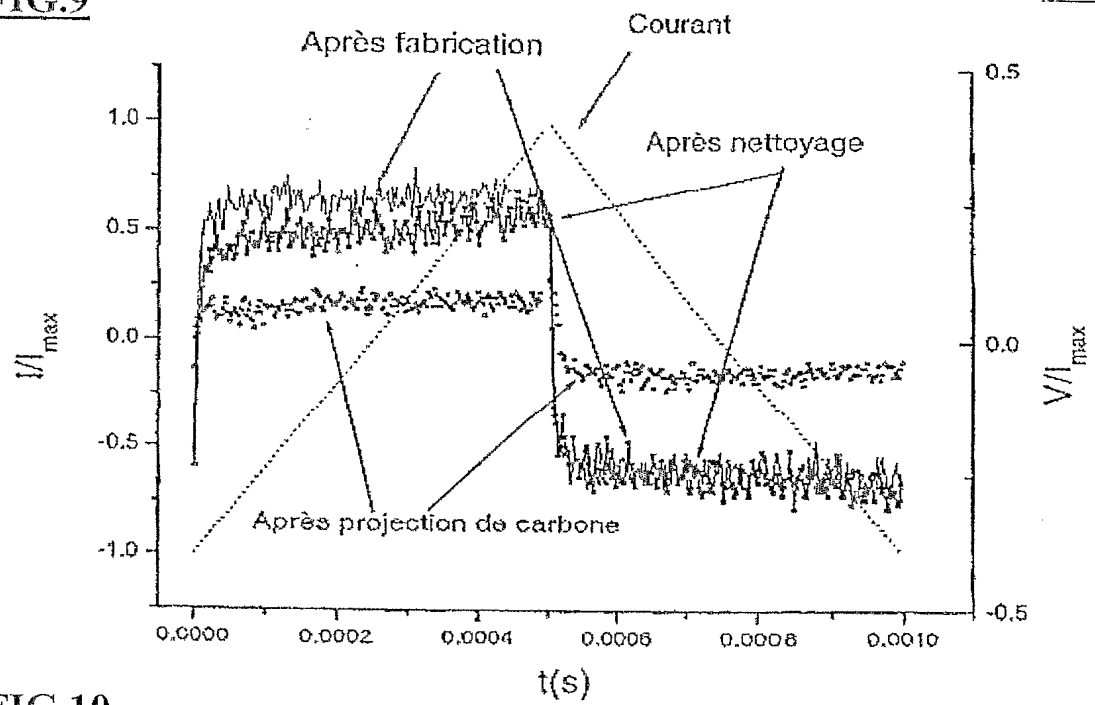
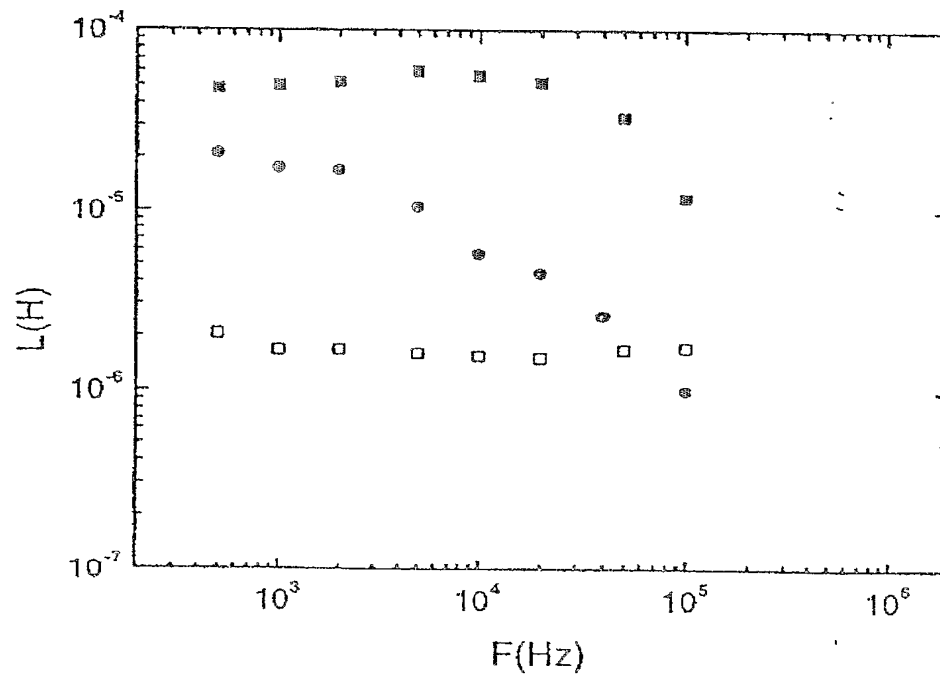


FIG.8

6/7

**FIG.9****FIG.10**



6/7

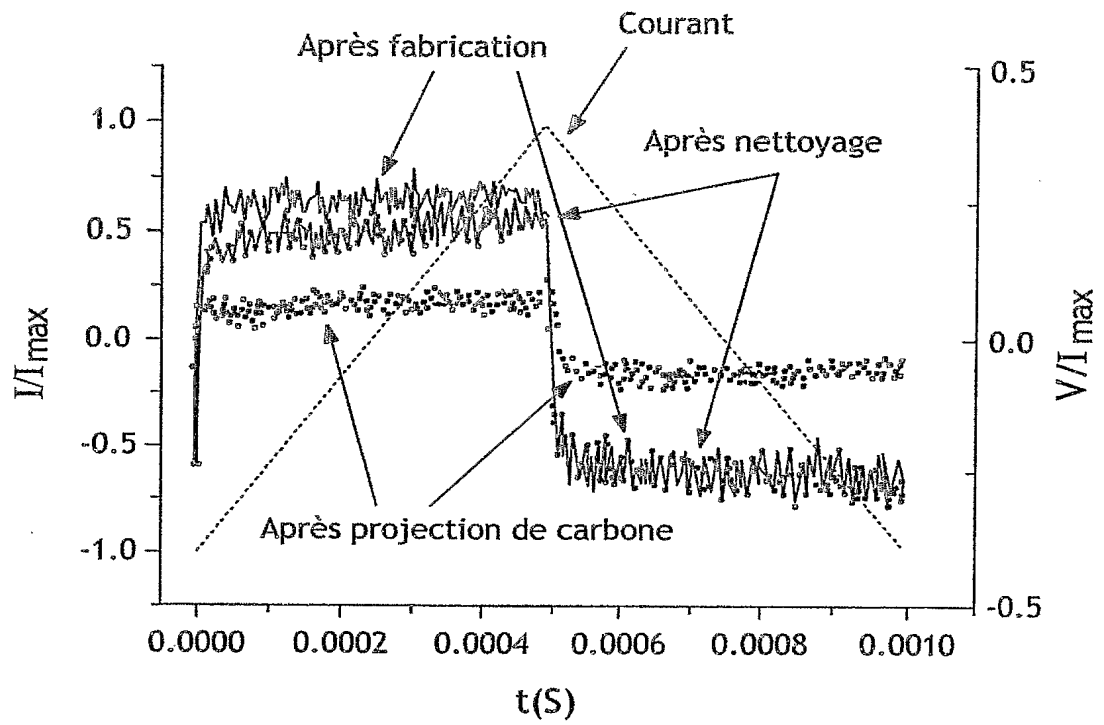


FIG.9

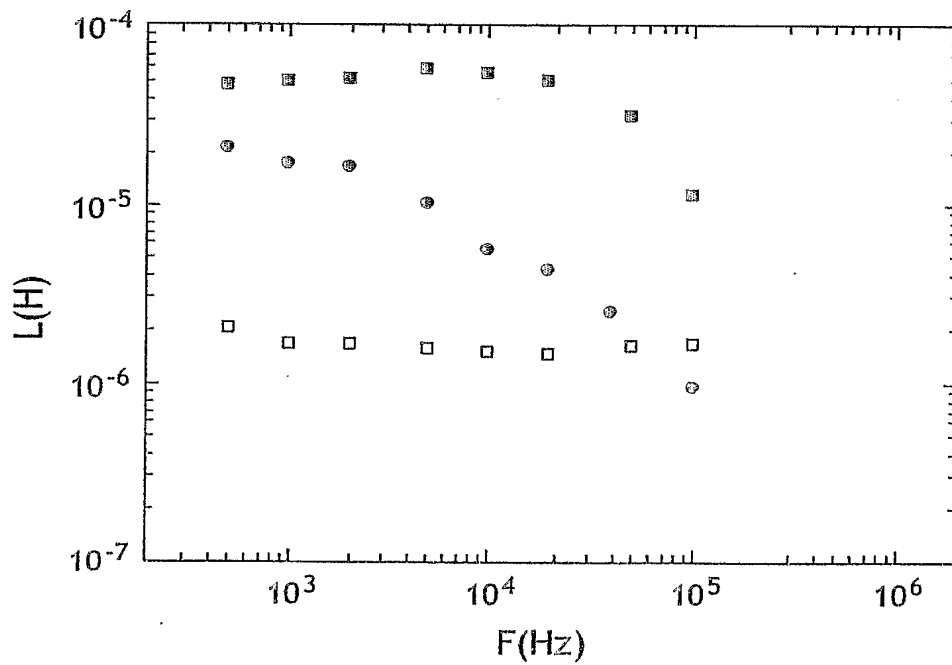
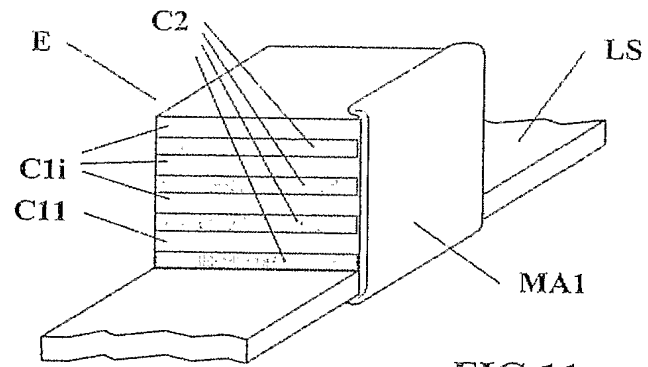
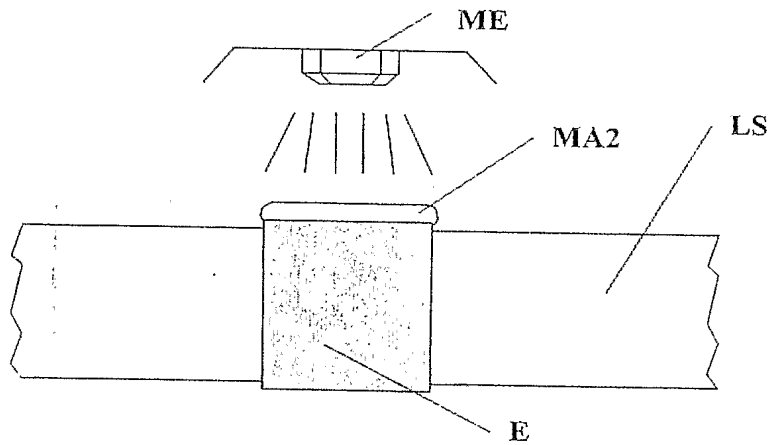
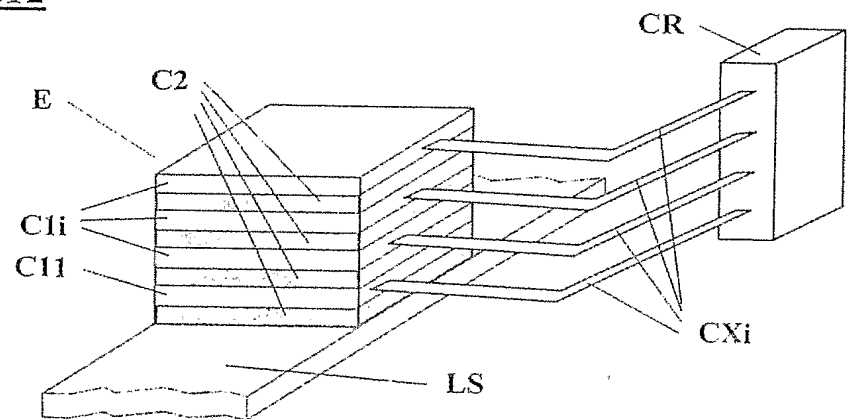


FIG.10

7/7

FIG.11FIG.12FIG.13

7/7

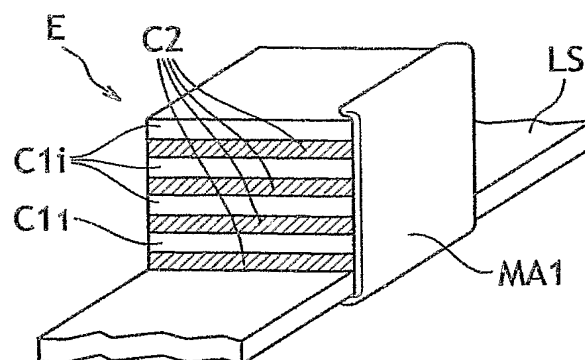


FIG.11

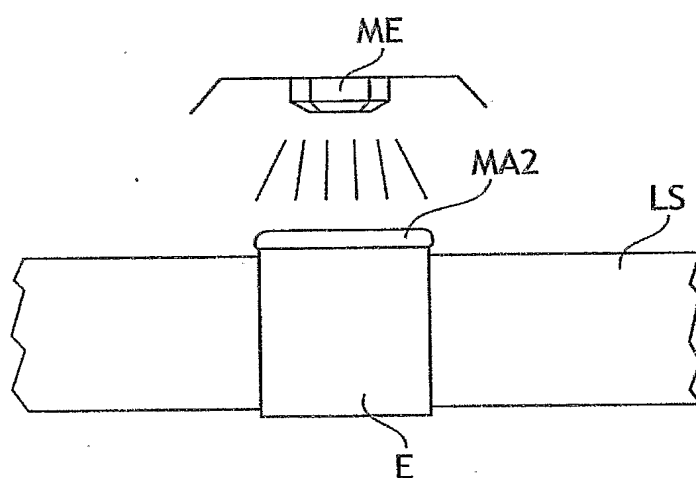


FIG.12

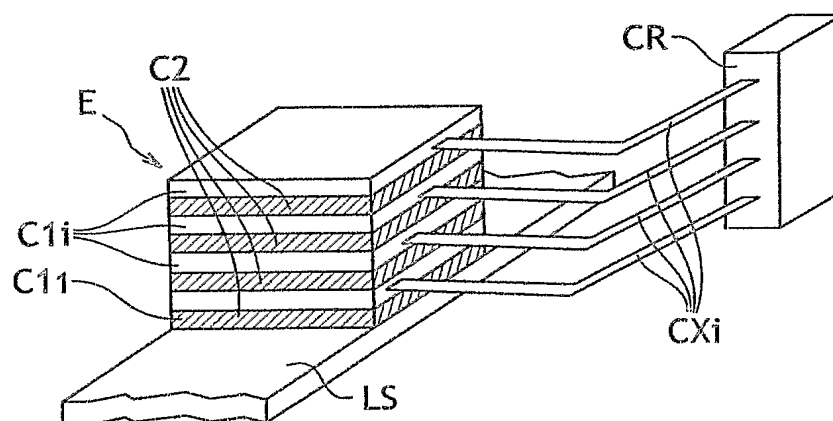


FIG.13



## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

## DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

INV

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 © W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)	IFBF04 CNR FIA
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	04 02063

## TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

« Composants supraconducteurs en couches minces à inductance accordable, procédé de réalisation et dispositifs incluant de tels composants »

## LE(S) DEMANDEUR(S) :

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
(Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique)  
3 rue Michel Ange  
75794 PARIS CEDEX 16  
FRANCE

## DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :

1	Nom	HAMET
	Prénoms	Jean-François, Maurice
	Adresse	Rue
		Code postal et ville
		15 rue du Parc
		1416110 ANGUERNY
	Société d'appartenance (facultatif)	
2	Nom	BERNSTEIN
	Prénoms	Pierre, Ernest
	Adresse	Rue
		Code postal et ville
		2 rue de l'Eglise
		1414810 VILLIERS LE SEC
	Société d'appartenance (facultatif)	
3	Nom	MECHIN
	Prénoms	Laurence
	Adresse	Rue
		Code postal et ville
		19 rue Pierre de Coubertin
		14101010 CAEN
	Société d'appartenance (facultatif)	

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

DATE ET SIGNATURE(S)  
DU (DES) DEMANDEUR(S)  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)Le 26 février 2004  
Sylvain ALLANO  
CPI 96 03 03



## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

## DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2.

INV

(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)		IFBF04 CNR FIA
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		04 02063
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
« Composants supraconducteurs en couches minces à inductance accordable, procédé de réalisation et dispositifs incluant de tels composants »		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique) 3 rue Michel Ange 75794 PARIS CEDEX 16 FRANCE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	TOUITOU
	Prénoms	Nabil
Adresse	Rue	32 rue de la Plaine
	Code postal et ville	13 816 110 GIERES
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	MOUCHEL
	Prénoms	Séverine
Adresse	Rue	63 rue Paul Verlaine
	Code postal et ville	15 011 110 TOURLAVILLE
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Le 26 février 2004 Sylvain ALLANO CPI 96 03 03		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



